

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra robototechniky**

**Návrh univerzálního efektoru pro mechanický odběr vzorků chemicky  
kontaminovaných materiálů detekčním robotem**

***The Proposal of an Universal Effector for Mechanical Taking of Samples Chemically  
Contaminated Materials by Detection Robot***

**Student:**

**Adam Honěk**

**Vedoucí bakalářské práce:**

**Ing. Milan Mihola**

**V Ostravě 22. 5. 2009**

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....

**Adam Honěk**

## **ANOTACE**

HONĚK, A. Návrh univerzálního efektoru pro mechanický odběr vzorků chemicky kontaminovaných materiálů mobilním robotem. Ostrava: katedra robototechniky, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 52s. Bakalářská práce, vedoucí Mihola, M.

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem efektoru pro mechanický odběr vzorků chemicky kontaminovaných materiálů. V úvodu jsou rozebrány techniky vzorkování. Na základě tohoto rozboru je navržen efektor. Tento efektor odebírá vzorky technikou stěru. Dále je vyřešeno ukládání vzorků do vzorkovnic.

## **ANGLICKY**

The theme of this thesis is the constructional proposal of an effector for mechanical taking of chemically contaminated material samples. The introduction describes the sampling techniques. On the basis of this description is the effector proposed. This effector takes of the samples by scumming technique. Further is settled the placing of the samples to the sampler-cards.

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce ing. Milanu Miholovi, za cenné rady a připomínky poskytované během zpracovávání zadaného tématu.

## Obsah bakalářské práce

1. Úvod .....	9
2. Přehled vzorkování .....	10
2.1. Vzorkování plynů .....	10
2.2. Vzorkování kapalin .....	11
2.3. Vzorkování pevných látek .....	12
3. Výběr techniky odběru .....	14
4. Technika stěru .....	14
4.1. Stěr z nasákavých povrchu, nebo pevných částic .....	14
4.2. Stěr z nenasákavých povrchů, nebo kapalin .....	14
5. Varianty řešení .....	15
5.1. Varianta1 .....	15
5.2. Varianta2 .....	16
5.3. Varianta3 .....	17
5.4. Varianta4 .....	18
6. Hodnocení variant a výběr optimální varianty .....	19
6.1. Kritéria rozhodování .....	19
6.2. Zhodnocení kritérií .....	19
6.3. Stanovení významnosti (PATTERN) .....	20
6.3.1. Váha významnosti .....	20
6.3.2. Index změny parametru a vážené indexy .....	20
6.4. Určení vítězné varianty .....	21
7. Vybraná varianta .....	22
7.1. Efektor .....	22
7.1.1. Uchopovací mechanismus .....	23
7.1.2. Popis chodu mechanismu čelistí .....	24
7.1.3. Rotační člen .....	25
7.1.4. Upínací příruba .....	27
7.2. Odběrový přípravek .....	28

7.3. Zásobník .....	30
7.3.1. Pohon zásobníku .....	30
7.3.2. Uložení vzorkovnice v zásobníku .....	31
7.3.3. Uložení přípravku v zásobníku .....	31
8. Scénář odběru .....	32
9. Výpočty .....	33
9.1. Geometrie efektoru .....	33
9.1.1. Pracovní zdvih tlačítka .....	33
9.1.2. Chod čelistí .....	34
9.2. Úchopová síla .....	34
9.3. Kontrola čelistí .....	36
9.4. Kontrola mechanismu .....	37
9.5. Kontrola tlačítka .....	37
9.6. Uzavírání vzorkovnice .....	38
9.7. Maximální stírací síla .....	39
9.8. Tuhost polohy zásobníku .....	40
10. Závěr .....	41
11. Seznam použité literatury .....	42
12. Seznam příloh .....	43

## Návrh efektoru

Symbol	Význam	Jednotky
$\alpha$	Úhel sklonu třecích ploch segmentů	°
$\alpha_{\min}$	Minimální úhel sklonu třecích ploch segmentů	°
D	Velký průměr	mm
$D_1$	Malý průměr	mm
d	Velký průměr	mm
$d_2$	Střední průměr	mm
$d_3$	Malý průměr	mm
F	Síla	N
$F_0$	Osová síla	N
$F_1$	Síla pružiny	N
$F_8$	Síla pružiny	N
$F_9$	Síla pružiny	N
$F_a$	Síla axiální	N
$F_{tl}$	Síla v tlačítku	N
$F_{př}$	Přítlačná síla	N
$F_r$	Síla radiální	N
f	Součinitel tření	-
$f_z$	Součinitel tření	-
$\varphi'$	Třecí úhel	deg
G	modul pružnosti ve smyku	MPa
g	Gravitační zrychlení	m/s <sup>2</sup>
$h_1$	výška chodu mechanismu	mm
$h_2$	dosedací výška mechanismu	mm
i	poměr vinutí	-
k	tuhost pružiny	N/mm
l	délka chodu mechanismu	mm
$l_0$	délka pružiny ve volném stavu	mm
$l_1$	délka pružiny v předepjatém stavu	mm
$l_8$	délka pružiny v plně zatíženém stavu	mm
$l_9$	délka pružiny v mezním stavu	mm
M	moment na závitu	Nm
$M_k$	kroutící moment	Nm

## Návrh efektoru

---

$M_s$	statický moment motoru	Nm
$M_m$	moment motoru	Nm
$M_{tz}$	moment na závitě	Nm
$n$	počet činných závitů	-
$n_\xi$	počet čelistí	-
$P$	výkon	W
$P_h$	stoupání závitě	mm
$\Psi$	úhel stoupání	deg
$R_e$	mez pružnosti	MPa
$\tau_{do}$	dovolené napětí v ohybu	MPa
$z$	celkový počet závitů	-



### 1. Úvod

Při nálezů skládky neznámých chemických látek, se před jejich likvidací musí určit, o jaké látky se jedná. K tomu je potřeba provést odběr vzorků těchto látek. Kontakt s těmito látkami může představovat pro lidi, kteří vzorkování provádí, značné riziko. Riziková prostředí jsou vhodná pro nasazení mobilních robotů.

V této práci řeším návrh efektoru pro odběr chemických vzorků mobilním robotem. V první části jsem udělal přehled technik vzorkování a určil jsem techniku vzorkování, kterou bude využívat navrhovaný efektor. Další část bakalářské práce obsahuje konstrukční návrh efektoru, zásobníku vzorkovnic a vzorkovnice. Návrh se skládá z modelu, vytvořeném v programu Pro ENGINEER, výkresové dokumentace a potřebných výpočtů.

## 2. Přehled vzorkování

### 2.1. Vzorkování plynů

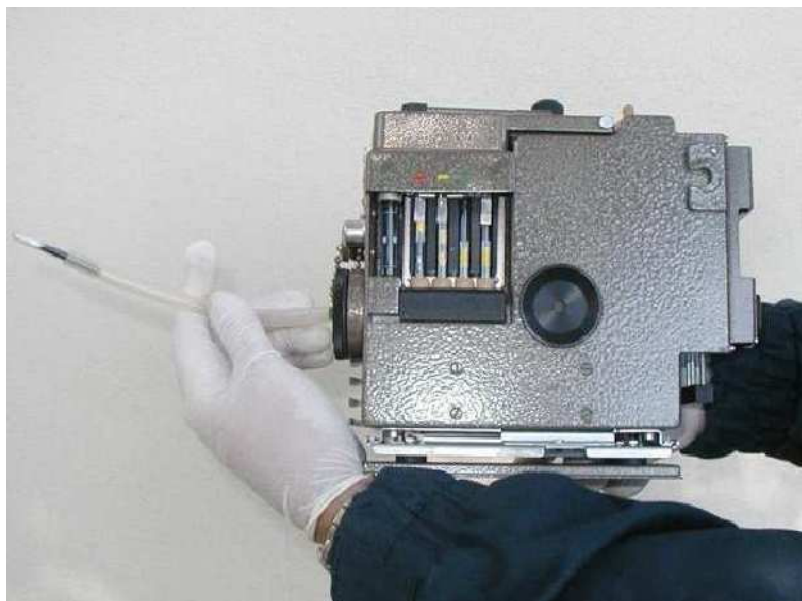
Nebezpečné látky ve formě plynů, par, aerosolů a prachů představují mimořádné riziko, a proto jejich odběr a následná identifikace kontaminantu představuje významné a důležité protichemické opatření. Plyny se vzorkují nasáváním, vzorkovací postupy kombinují odběr s izolací nebezpečných látek ze vzduchu.

#### **Vzorkování vzduchu třemi základními postupy:**

- a) odběrem do vzorkovacích vaků
- b) absorpcí na absorpční trubičky
- c) záchytem na prachový filtr



*obr. 1 Odběr vzorků vzduchu do vzorkovacího vaku pomocí plynového odběrového čerpadla PCXR4*



*obr. 2 Odběr vzorků vzduchu adsorpční trubičkou ORBO-32 a chemickým průkazníkem CHP-71*

### **2.2. Vzorkování kapalin**

Při vzorkování kapalných nebezpečných látek závisí postup odběru na množství a přístupnosti uniklé či nalezené látky. Nalezené kapaliny v neporušených obalech do objemu 10 litrů se neodebírají a doručí se do chemické laboratoře v původním obalu.

Z barelů, lahví, jiných obalů popř. kaluží se kapalná nebezpečná látka odebírá pomocí injekční stříkačky bez jehly, kterou se převede do skleněné vzorkovnice. Pokud to rozměry vzorkovnice dovolují, je možno do ní vložit vzorek i se stříkačkou. Je-li k dispozici dostatečné množství vzorku, odebírá se 50 ml do skleněné lahvičky, v ostatních případech se odebere množství, jaké dovolují okolnosti odběru.

Nebezpečné kapalně látky rozlité na površích či materiálech v tenké vrstvě, která neumožňuje vzorkování injekční stříkačkou, popř. kapky a stříkance kapaliny se otírají vatovými tampony nebo kusy filtračního papíru, které se pak vloží do skleněné vzorkovnice. Rovněž je možno aplikovat techniku stěrů.



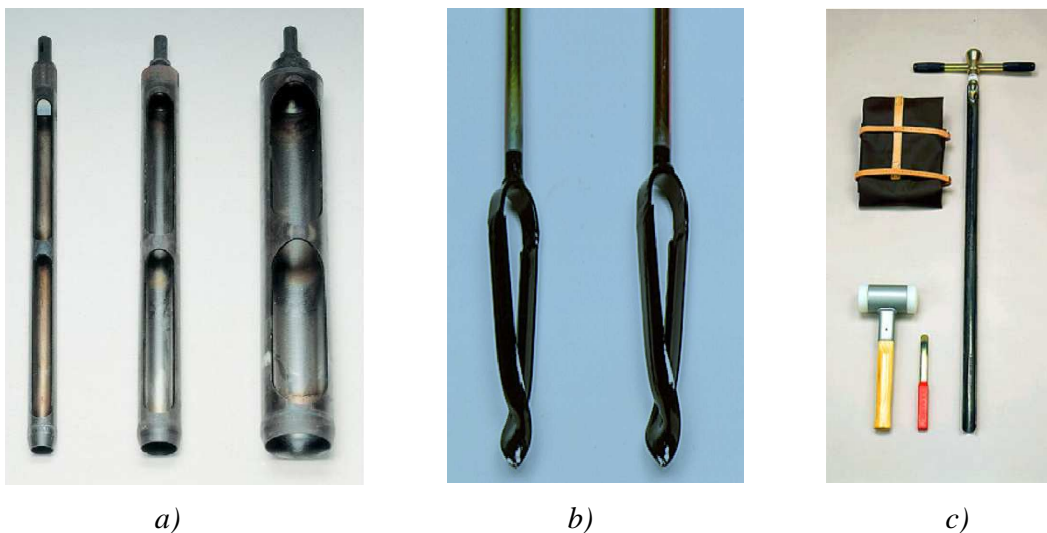
*obr. 3 Odběrná zařízení pro odběry vzorků kapalin*

### **2.3. Vzorkování pevných látek**

Při vzorkování samotných pevných nebezpečných látek závisí postup odběru na množství, formě a přístupnosti vysypané či nalezené látky. Nalezené pevné látky v neporušených obalech do hmotnosti 10 kg se neodebírají a doručí se do chemické laboratoře v původním obalu.

Ze sudů, lahví, pytlů a jiných obalů popř. z volně vysypaných vrstev se pevná nebezpečná látka odebírá pomocí ocelové lopatky nebo lžičky.

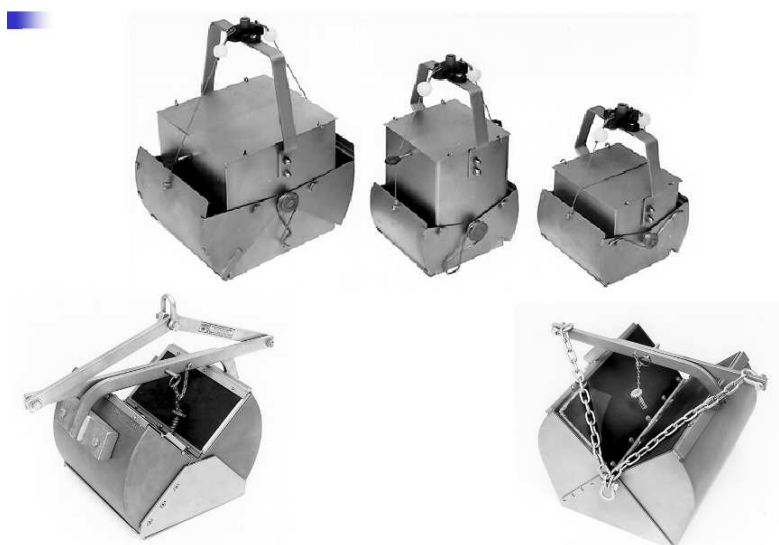
Pro vzorkování zeminy, kalů, popř. sedimentů se používají lžíce, lopatky, jádrové vzorkovače *obr.4a*, žlábkové vzorkovače *obr.4b*, vrtáky *obr.4c*



obr.4

V případě kontaminace pevných nasákavých povrchů, jako jsou pryž, dřevo, nátěry apod. se vzorek povrchu v místě nejvyšší kontaminace seškrábne nebo odřízne skalpelem a pomocí špachtle nebo lžičky se přenesení do vzorkovnice. Vzorkování pevných nenasákavých povrchů, kdy povrchovou vrstvu nelze oddělit od kontaminovaného materiálu předcházejícím postupem, se provádí technikou stěrů.

Pro odběr amorfních materiálů se využívají drapákové vzorkovače, tyto vzorkovače lze využít i pro odběr hornin, kalů, sedimentů.



obr. 5 Drapákový vzorkovač

### 3. Výběr techniky odběru

Po prostudování různých technik vzorkování (*viz kapitola 1*), jsem se rozhodl, že navrhovaný efektor bude k odběru využívat techniku stěru. Tato technika umožňuje široké spektrum využití a je nenáročná na výbavu robotu.

Technikou stěru se mohou odebírat různé typy vzorků, kapaliny z nasákavých i nenasákavých povrchů. Tampón se může ponořit přímo do nádoby s kapalinou, při použití vhodného rozpouštědla se mohou stírat i pevné částice.

### 4. Technika stěru

#### *4.1. Stěr z nasákavých povrchů nebo pevných částic*

Stěr se provádí třemi tampony. Tampon se namočí do etanolu, popř. jiného rozpouštědla a povrch se jím otírá na ploše asi 10 x 10 cm. Stejným způsobem se navlhčeným tamponem provede druhý stěr stejné plochy povrchu a nakonec se provede stěr suchým tamponem. Všechny tři tampony z jedné plochy povrchu se shromáždí v uzavíratelné vzorkovnici.

#### *4.2. Stěr z nenasákavých povrchů nebo kapalin*

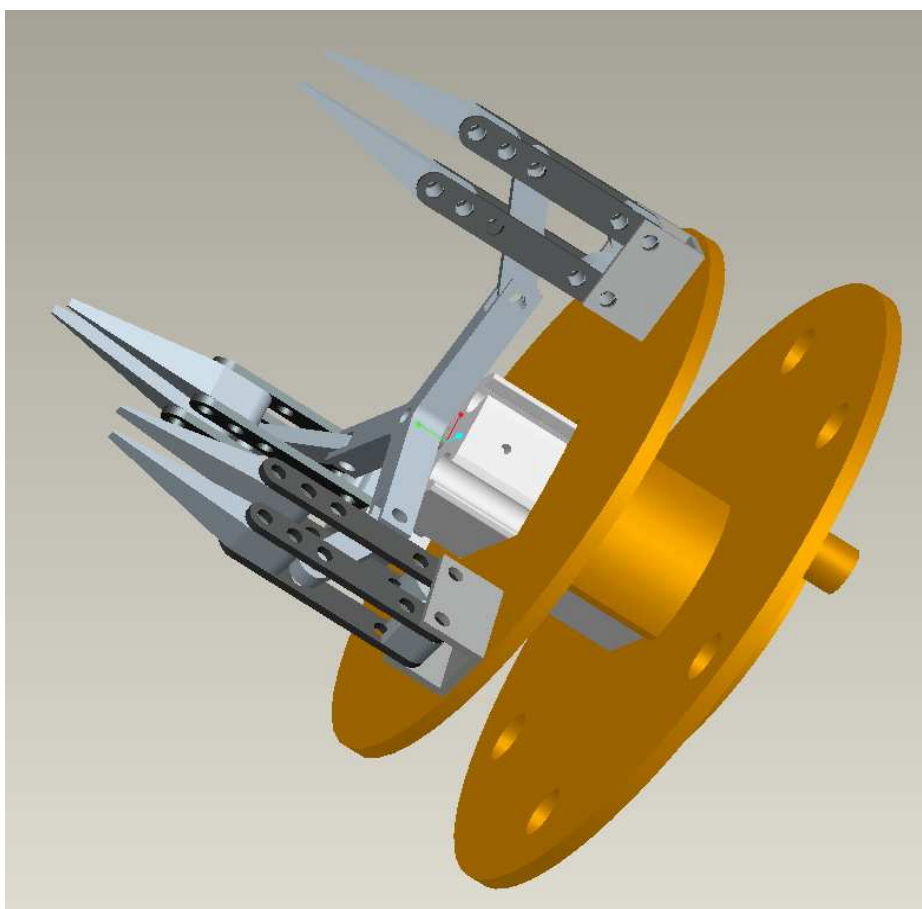
Stěr se provádí třemi tampony, tampony se namočí přímo do odebírané látky. Všechny tři tampony z jednoho odběru se shromáždí v uzavíratelné vzorkovnici. Při tomto vzorkování není nutné použít rozpouštědla.



### 5. Varianty řešení

#### 5.1. Varianta 1

Pohon efektoru je realizován pneumatickým válcem. Pohyb válce je pákovým převodem přenášen na vnější čelist, vnější a vnitřní čelist jsou na efektoru uloženy otočně a navzájem převodovány ozubenými koly, která zajišťují rovnoměrné otevírání obou čelistí.



Obr.6 varianta 1

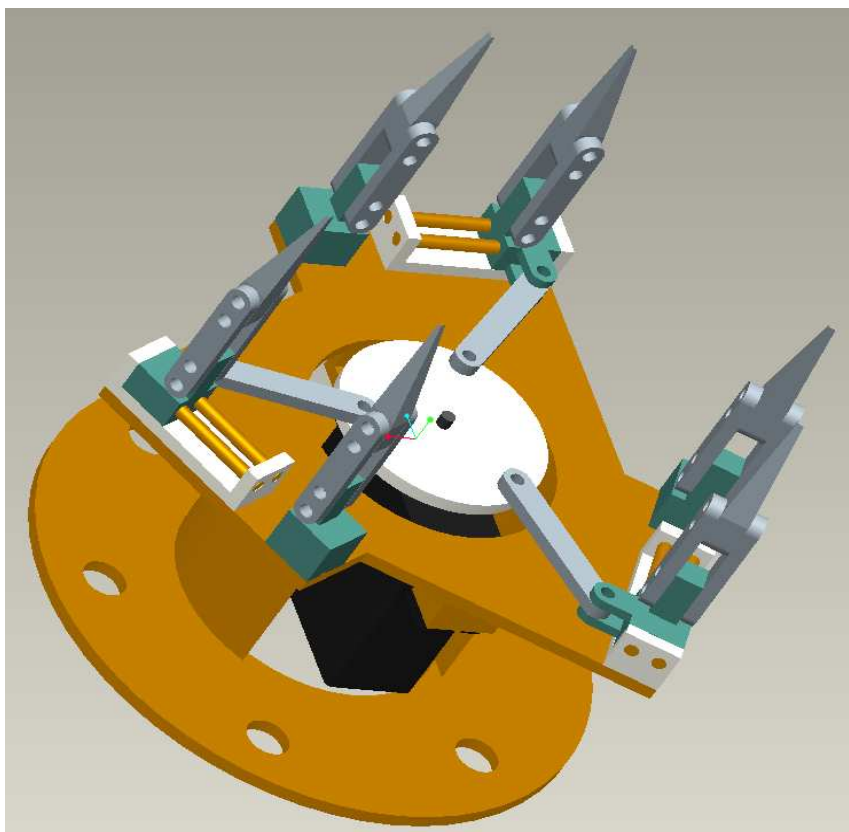
Tento způsob řešení je konstrukčně jednoduchý, pneupohon zajišťuje při malých rozměrech velké úchopové síly. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost přítomnosti stlačeného

vzduchu a spřaženost pohybu všech čelistí a z tohoto vyplývající složitost uchopení a uložení tamponu.

.

### 5.2. *Varianta2*

Na efektoru jsou pevně a posuvně uloženy čelisti. Posuvná čelist je uložena na lineárním vedení, její pohyb je realizován přes táhlo servomotorem.



*Obr .7 varianta 2*

Výhodou této varianty je nízká hmotnost a elektrický pohon. Nevýhodou se zde však stává konstrukční složitost, která vyplývá z vedení pohyblivé čelisti, nižší úchopové síly a rovněž spřaženosti pohybu čelistí.



### 5.3. *Varianta 3*

Pohyb čelistí zajišťuje solenoid. Na hřídelce solenoidu je našroubován blok, ve kterém jsou valivě uloženy čelisti. Jejich poloha v rozevřeném stavu je zajištěna zkrutnou pružinou. Spodní část čelisti se opírá o stavitelné dorazy. Při stažení solenoidu dojde k pohybu bloku s čelistmi směrem proti dorazům a tím dochází k stažení čelistí.

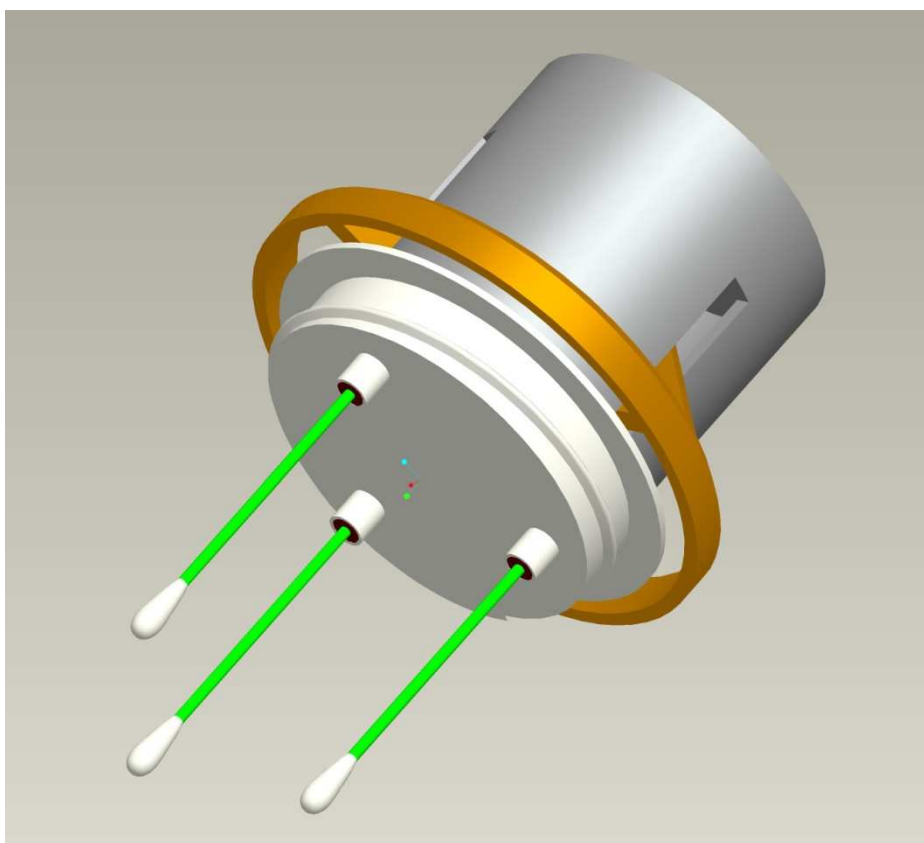


*Obr. 8 varianta 3*

Výhodou této varianty je nezávislost pohybu čelistí, tato vlastnost umožňuje snadnější uchopení tamponu a jejich uložení do vzorkovnice. Tohoto je ale docíleno použitím třech pohonných jednotek, z čeho vyplývají větší rozměry a hmotnost. Další nevýhodou jsou nižší úchopové síly

### 5.4. Varianta 4

U této varianty se nepředpokládá uchopování jednotlivých tamponů, ale přípravku, na kterém budou tampony připevněny. Upínání a odepínání přípravku je řešeno mechanicky.



*Obr. 9 varianta 4*

Hlavní výhodou této varianty je snadnost úchopu odběrových tamponů. Dále mechanický pohyb čelistí, který zjednodušuje řízení a umožňuje volnou rotaci efektoru.

## 6. Hodnocení variant a výběr optimální varianty

### 6.1. Kritéria rozhodování

Číslo kritéria	kritérium	charakteristika
1	Konstrukce	Počet dílu, složitost dílu
2	Řízení	Hardwarová a softwarová náročnost
3	Odběrový scénář	Náročnost uchopení, provedení odběru a uložení vzorků
4	Odolnost	Poškození chybou operátora, špatnou manipulací

tab. 1

### 6.2. Zhodnocení kritérií

Kritéria jsou hodnocena pro každou variantu body od 1 do 5. Čím vyšší počet bodů, tím je kritérium příznivější.

Číslo varianty	Číslo kritéria			
	1	2	3	4
1	4	3	2	3
2	2	3	2	3
3	3	2	3	2
4	3	4	5	4

tab. 2

## 6.3. Stanovení významnosti (PATTERN)

### 6.3.1. Váha významnosti

Číslo kritéria	Počet bodů <b>X</b>	Váha významnosti <b>q</b>
<b>1</b>	2	0.2
<b>2</b>	3	0.3
<b>3</b>	4	0.4
<b>4</b>	1	0.1
$\Sigma$	10	1

tab. 3

$$q = \frac{x_i}{\Sigma x}$$

### 6.3.2. Index změny parametru a vážené indexy

#### Index změny

$$I_{ij} = \frac{H_{ij}}{H_{io}}$$

$H_{ij}$  – Hodnota i-tého parametru j-té varianty

$H_{io}$  – základní hodnota i-tého parametru

#### Vážený index

$$I'_{ij} = I_{ij} \cdot q_i$$

$q_i$  – váha významnosti i-tého parametru

## Návrh efektoru

kriterium		Varianta			
		1	2	3	4
1	Hodnota	4	2	3	3
	Index	4	2	3	3
	Vážený index	0,8	0,4	0,6	0,6
2	Hodnota	3	3	2	4
	Index	3	3	2	4
	Vážený index	0,9	0,9	0,6	1,2
3	Hodnota	2	2	3	5
	Index	2	2	3	5
	Vážený index	0,8	0,8	1,2	2
4	Hodnota	3	3	2	4
	Index	3	3	2	4
	Vážený index	0,3	0,3	0,2	0,4

tab. 4

### 6.4. Určení vítězné varianty

varianta	Součet vážených indexů	Pořadí variant
1	2,8	2
2	2,4	4
3	2,6	3
4	4,2	1

tab. 5

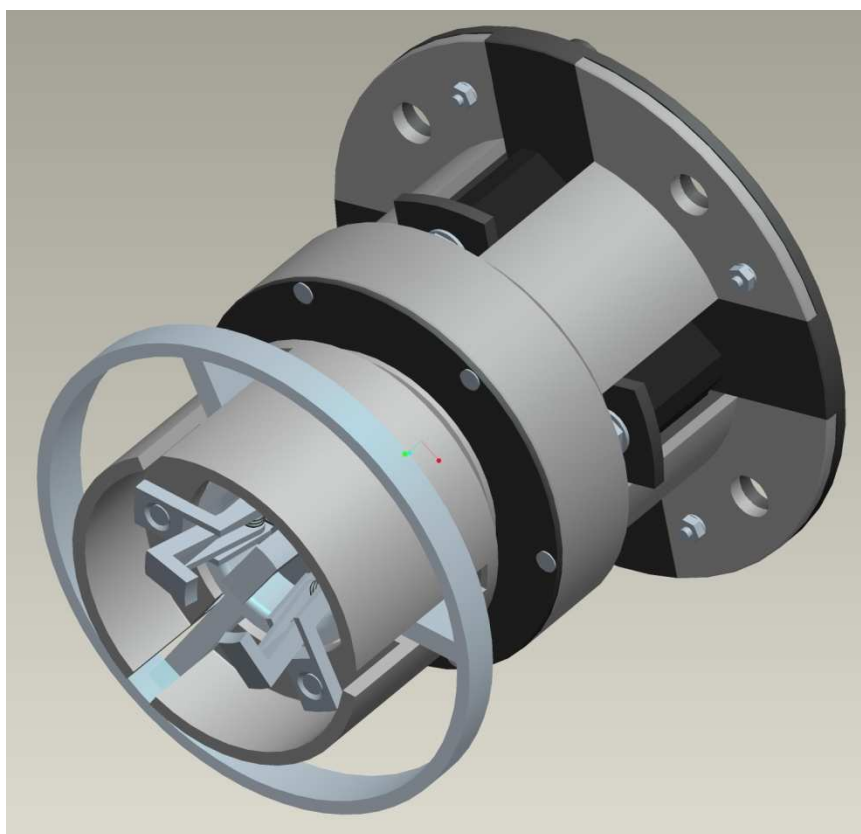
Nejvyšší součet vážených indexů má varianta 4, na základě tohoto hodnocení je určena jako vítězná.

## 7. Vybraná varianta

Vybraná varianta se skládá ze tří základních částí:

- Efektor
- Odběrový přípravek
- Zásobník

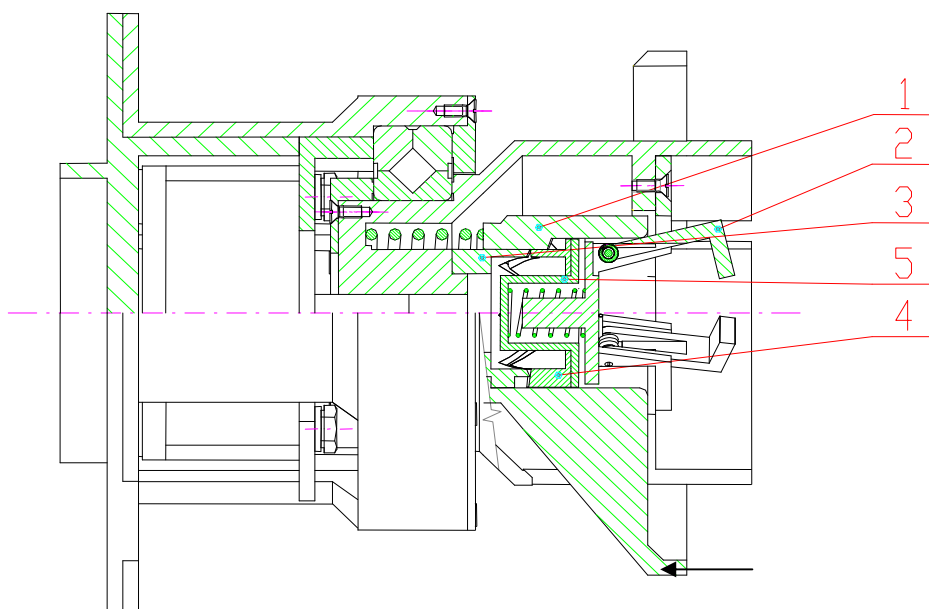
### 7.1. Efektor



*Obr. 10 vítězná varianta*

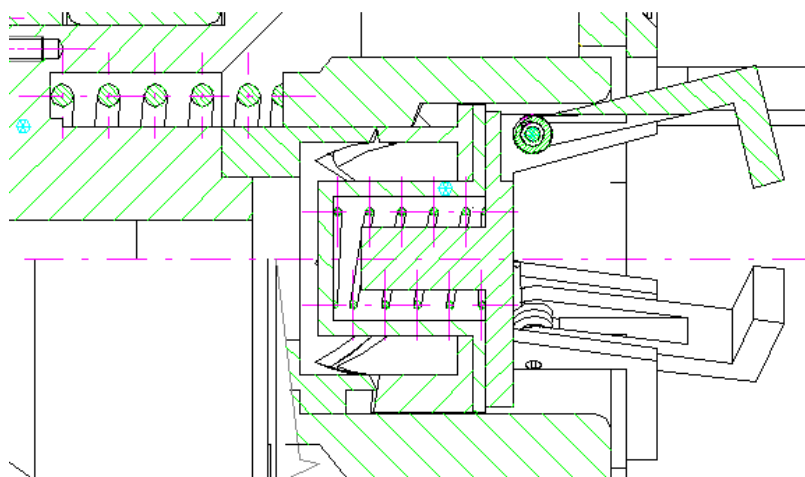
Efektor se skládá z uchopovacího mechanismu, řídicího mechanismu, rotačního členu a upínací příruby na interface robota.

### 7.1.1. Uchopovací mechanismus



1) tlačítko, 2) čelist, 3) pevný segment, 4) pohyblivý segment, 5) klobouček.

Obr. 11

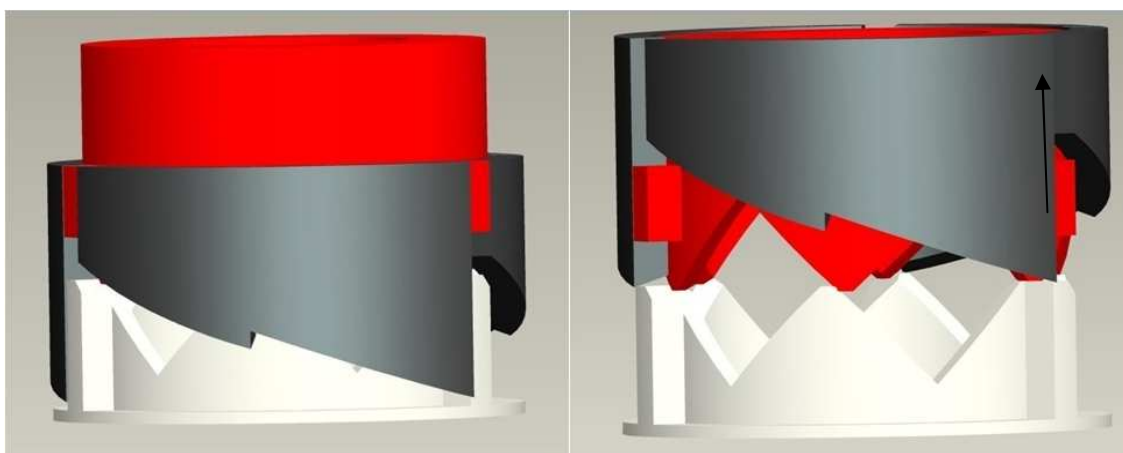


Obr. 12

Pohyb čelistí je realizován vačkovým převodem, jako vačka slouží vnitřní část tlačítka, která se opírá o čelisti. Jejich poloha je vůči tlačítku vymezena torzními pružinami. Při pohybu tlačítka ve směru šipky dochází k rozevření. Tlačítko je fixované v horní nebo dolní poloze (sevřené nebo rozevřené čelisti). Poloha se mění potlačením tlačítka. Změnu a fixaci polohy zajišťuje mechanismus, skládající se z ozubených segmentů. Jedná se o systém použitý u propisovací tužky.

### 7.1.2. Popis chodu mechanismu čelistí

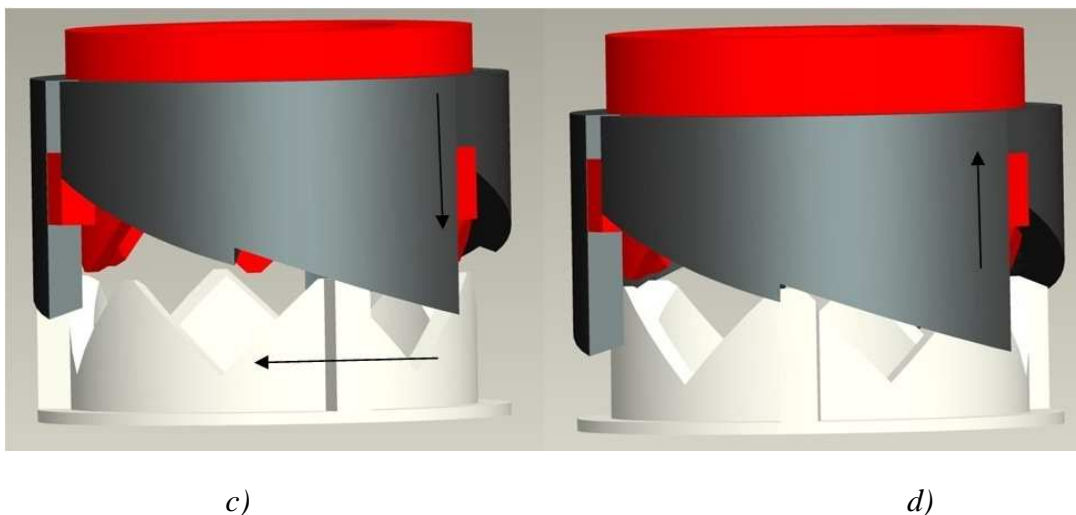
Chod mechanismu je rozfázován viz. *obr. 11* do čtyř kroků, které znamenají jeden zdvih řídícího tlačítka. V první fázi ( *a* ) je mechanismus v poloze 1, kdy jsou čelisti staženy. Při stlačení dochází k pohybu tlačítka ve směru šipky (šedé segmenty jsou vnitřní část tlačítka), až do polohy, kdy šedé segmenty přestanou zabírat s vedením pohyblivé části (bílá) ( *b* ). Pak začne pohyblivá část sjíždět po nakloněné rovině ( *c* ), zastaví se v poloze 2 ( *d* ), kdy jsou čelisti rozevřeny. Dalším stlačením dojde k opětovnému přepnutí do polohy 1.



*a)*

*b)*



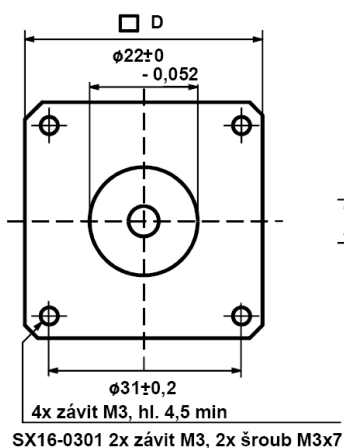


Obr. 13 chod mechanismu

## 7.1.3. Rotační člen

Rotace efektoru je zajištěna krokovým motorem, což umožňuje snadné řízení polohy natočení. Zvolil jsem motor SX16-0301 kvůli jeho malým rozměrům a nízké hmotnosti.

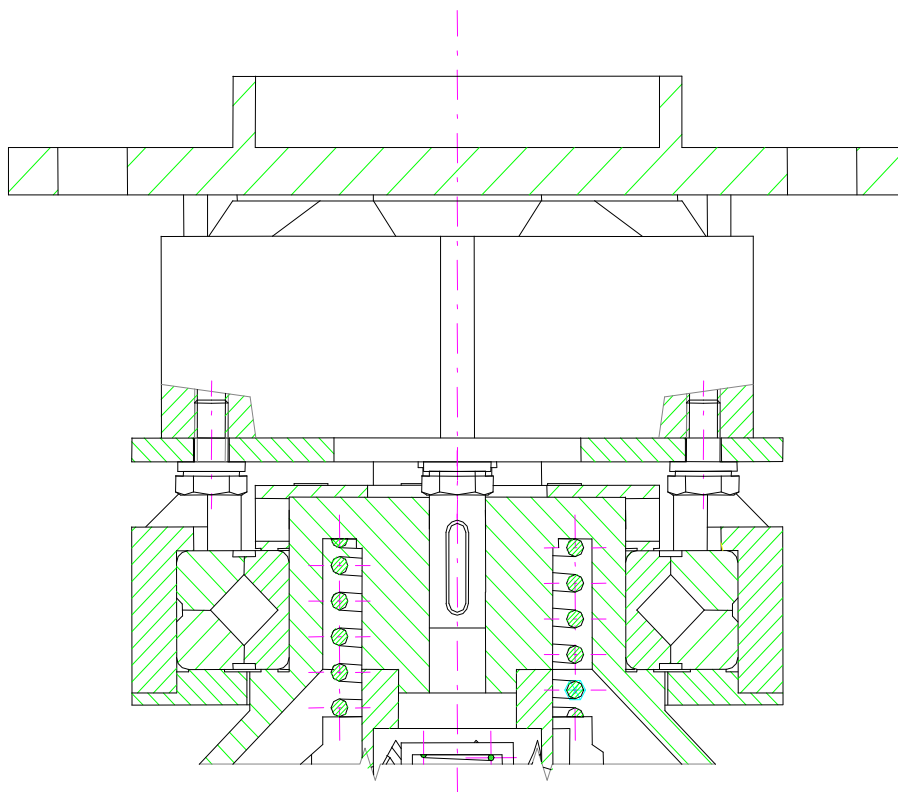
Řada	o hřídele	□D max	Délka Lmax	A	Počet vývodů
SX16-0301	5	39.3	20	19±0.5	6



WWW.JMF.CZ TEL. 491 452 639

Obr. 14 rozměry krokového motoru

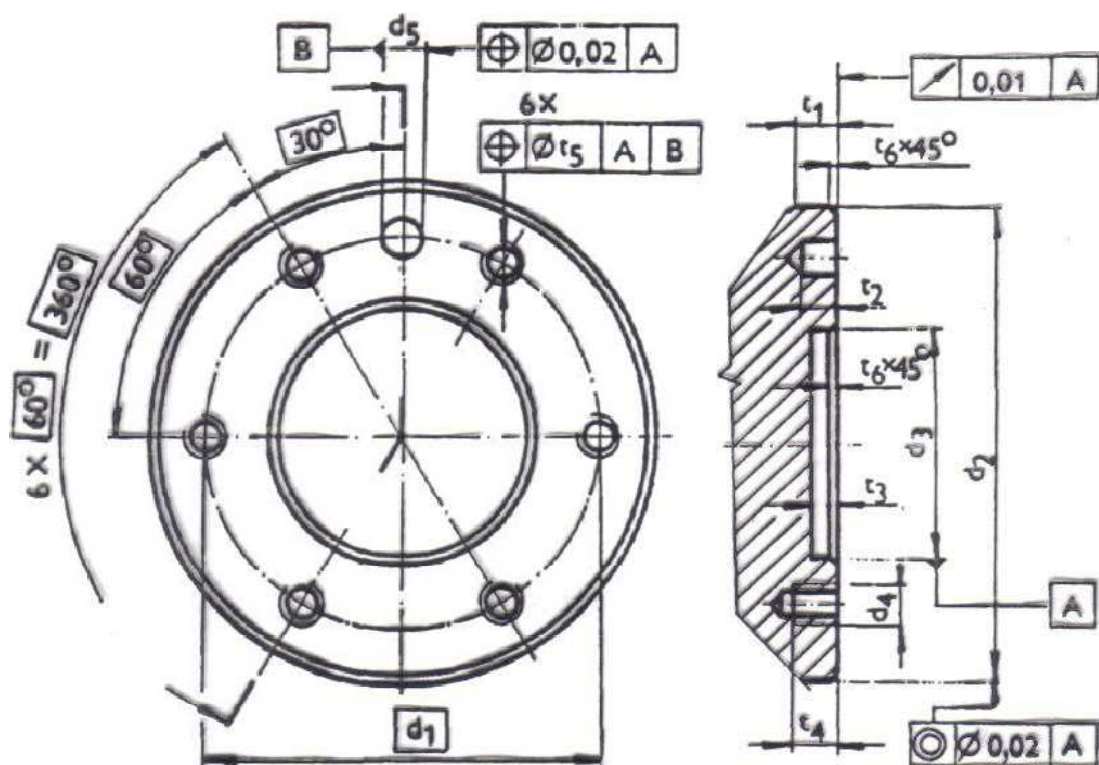
Náboj je, z důvodu zabránění přenosu axiálních a radiálních sil na rotor motoru, uložen na ložisku se zkříženými válečky. Moment mezi motorem a nábojem přenáší péro.



*Obr. 15 systém rotace*

## 7.1.4. Upínací příruba

Připojovací rozměry efektoru standartní dle ISO 9409 – 1,

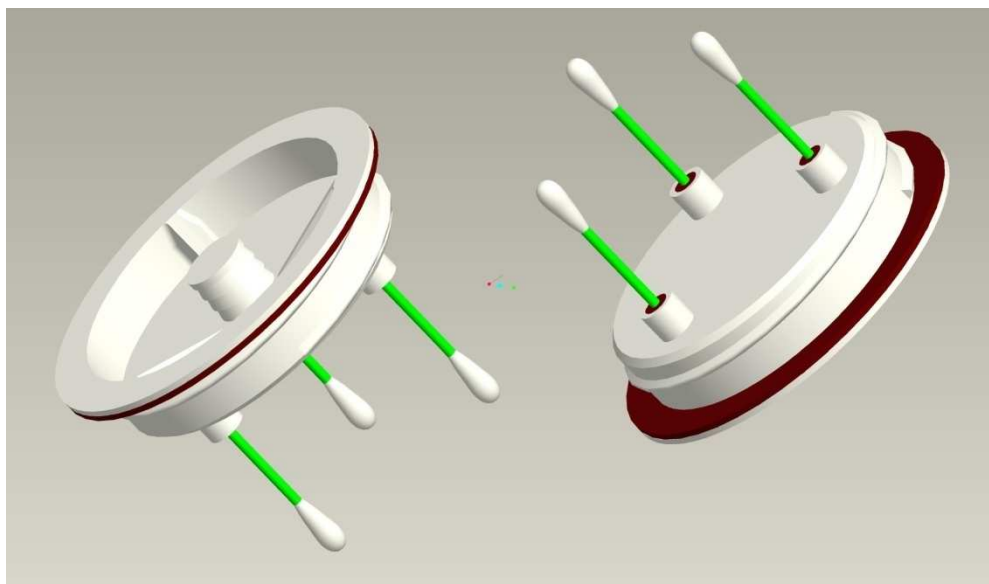


Obr. 16 interface

Roztečný průměr $d_1$	$d_2$ h8	$d_3$ H7	$d_4$	$d_5$ H7	$t_3$ min.	$t_2$ min.	Počet otvorů
63	80	40	M6	6	6	6	4

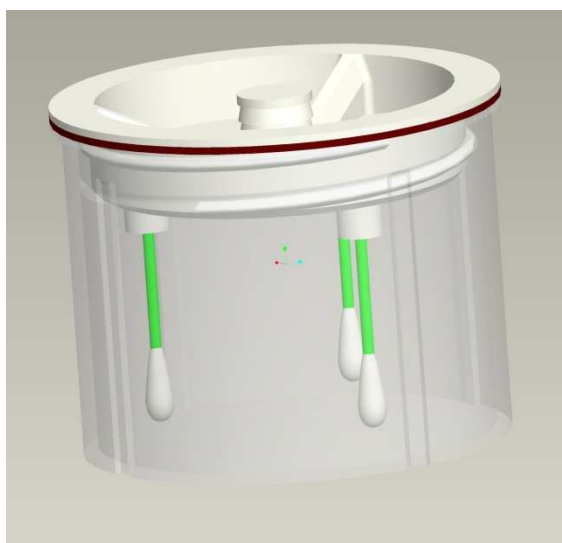
tab. 5

### 7.2. Odběrový přípravek

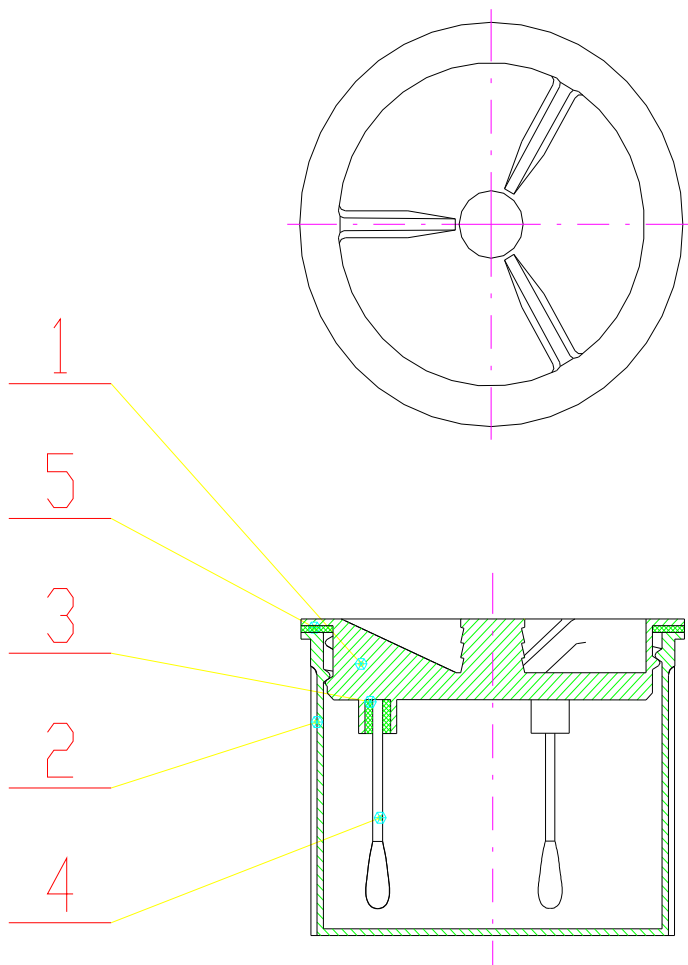


*Obr. 17 přípravek*

Je to nosič tamponu, který uchopují čelisti efektoru a provádí se jím odběr. Přípravek slouží zároveň jako víko vzorkovnice, uzavírání zajišťuje závit. Toto řešení umožňuje snadné uchopení odběrových tamponů a jejich uložení do vzorkovnice.



*Obr. 18 přípravek ve vzorkovnici*



1) těleso přípravku, 2) vzorkovnice, 3) pryžový držák tamponu, 4) tampon na špejli, 5) těsnění

Obr. 19

Těleso přípravku se skládá z uchopovací stopky, třech žeber přenášejících utahovací moment uzavíracího závitu. Dále se na tělese nachází tři vývody, ve kterých jsou zasunuty pryžové držáky tamponů a v nich jsou tampony na špejli. Vzorkovnice je vybavena uzavíracím závitem a čtyřmi drážkami, po stranách zabráňujícími protočení při utahování. Mezi dosedacími plochami přípravku a vzorkovnice je pryžové těsnění zabráňující kontaminaci.

### 7.3. Zásobník

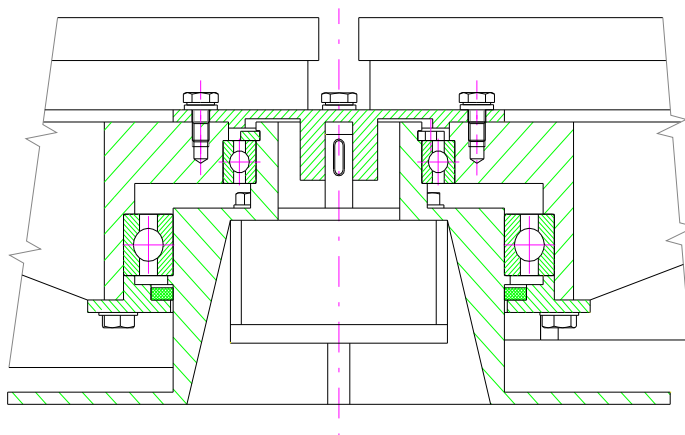
Jedná se o rotační zásobník, který má kapacitu pět vzorkovnic a pět přípravků, ty jsou střídavě rozmístěny po obvodu.



Obr. 20

#### 7.3.1. Pohon zásobníku

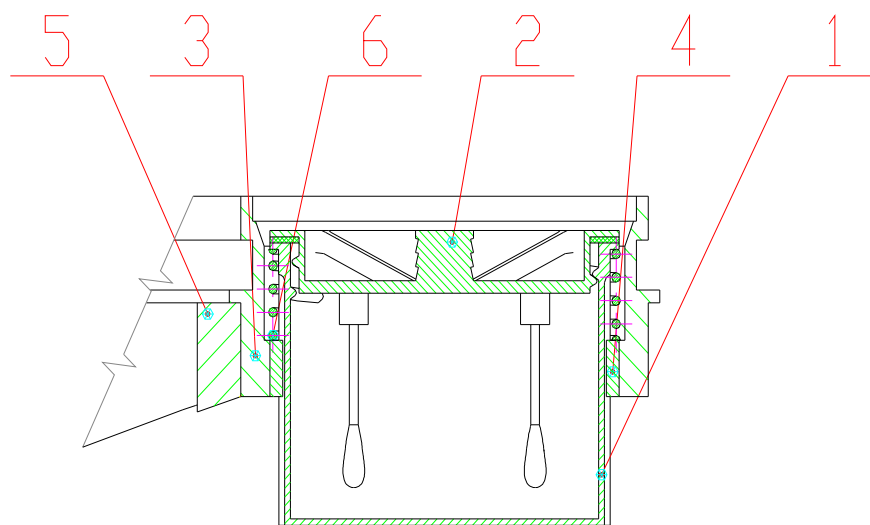
Pohon zásobníku je realizován přímo krokovým motorem. Rotační část je uložena pomocí dvou kuličkových ložisek. Přenos momentu zajišťuje péro. Je zde použitý stejný motor jako u efektoru.



Obr. 21 uložení rotační části zásobníku

### 7.3.2. Uložení vzorkovnice v zásobníku

Vzorkovnice jsou v zásobníku uloženy v držácích vzorkovnic na pružinách, horní plocha držáku slouží jako dosedací plocha tlačítka. Odpružení uložení vzorkovnic umožňuje, promáčknutí tlačítka efektoru při uložení přípravku do vzorkovnice. Vzorkovnice jsou také jištěny klínky proti protočení při utahování víka.

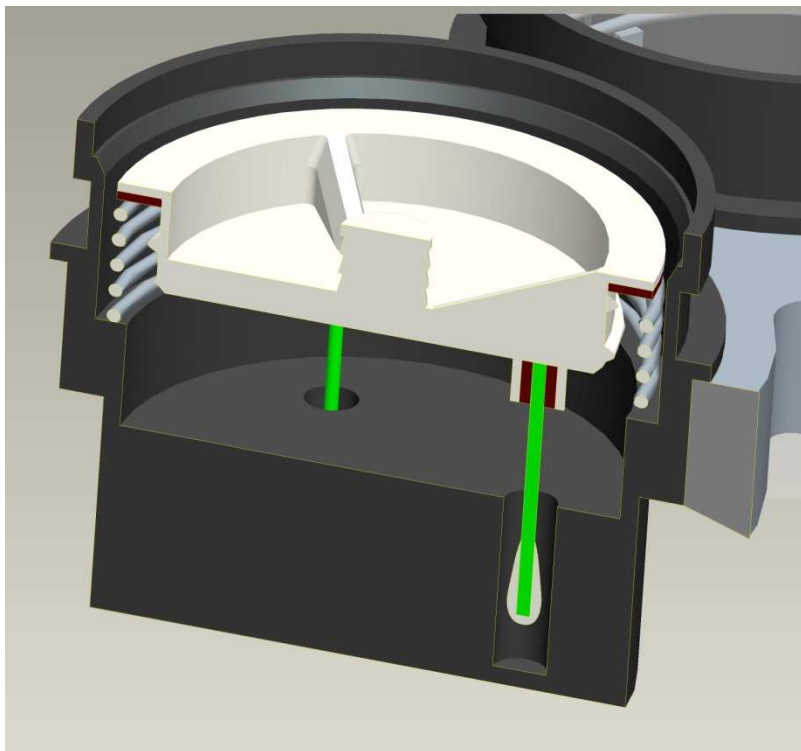


1) vzorkovnice, 2) přípravek, 3) držák vzorkovnice, 4) klínek, 5) rotační část zásobníku, 6) pružina.

Obr. 22 uložení vzorkovnice v zásobníku

### 7.3.3. Uložení přípravku v zásobníku

Přípravky jsou v zásobníku uloženy v držácích přípravku, stejně jako vzorkovnice, na pružinách, horní plocha držáku slouží jako dosedací plocha tlačítka. Odpružení uložení přípravku umožňuje, promáčknutí tlačítka efektoru při úchopu přípravku. Držák přípravku má ve svém dně díry, které slouží také jako zásobník rozpouštědla.



*Obr. 23 uložení přípravku v zásobníku*

## 8. Scénář odběru

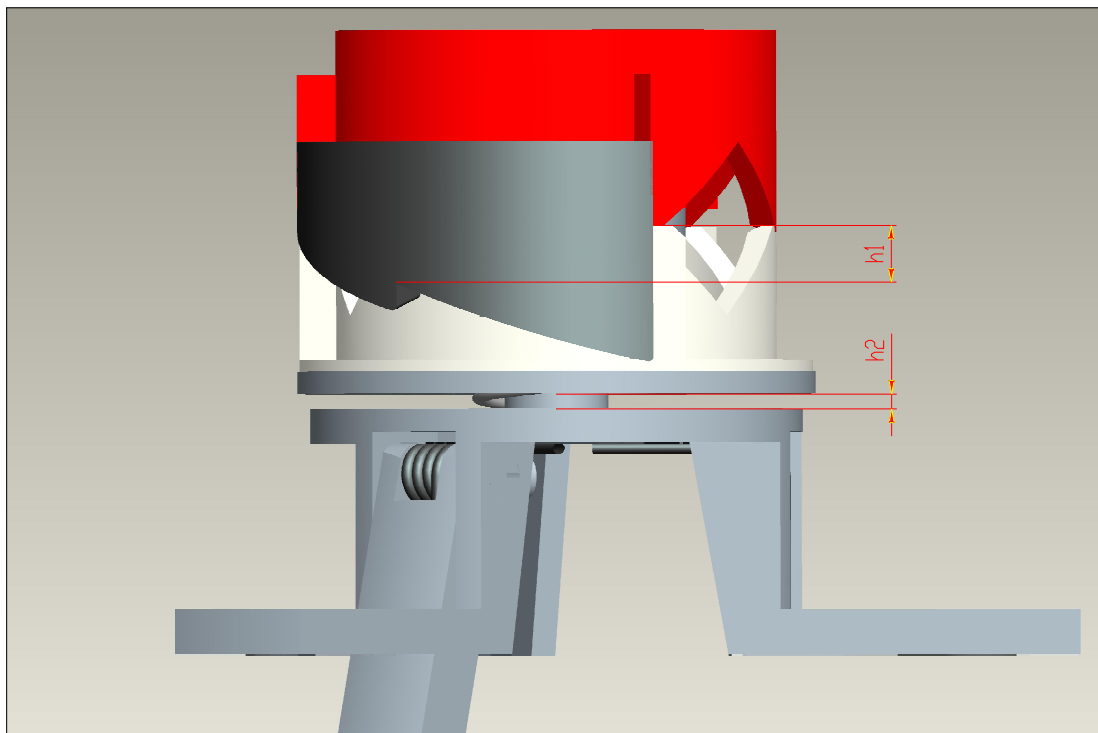
Do efektoru se upne přípravek tak, že se efektor nasune na přípravek a promáčkne se tlačítko na efektoru. V držáku přípravku je připraveno potřebné rozpouštědlo. Proveďte se buď stěr každým tamponem na sejně ploše cca 10 x 10 cm, nebo ponoření tamponu do kapaliny, to záleží na typu odebírané látky a povrchu, ze kterého se odběr provádí. Po provedení odběru proběhne uložení do vzorkovnice takto: Efektor dosedne přípravkem na vzorkovnici, otáčením kolem svislé osy se dotáhne závit mezi vzorkovnicí a přípravkem a tím dojde k uzavření. Potom promáčknutím tlačítka se přípravek uvolní. Díky rotačnímu zásobníku úchop i ukládání probíhá v jednom místě. Odebírání a ukládání přípravku bude z důvodu potřeby vysoké přesnosti manipulace naprogramováno.



## 9. Výpočty

### 9.1. Geometrie efektoru

#### 9.1.1. Pracovní zdvih tlačítka



Obr. 24

Zdvih tlačítka  $l$  určuje vzdálenost poloh mechanismu  $h1$  a dosedací vůle  $h2$ .

$$h1 = 2,8\text{mm}$$

$$h2 = 0,5\text{mm}$$

$$l = h1 - h2 = 2,8 - 0,5 = 2,3\text{mm}$$

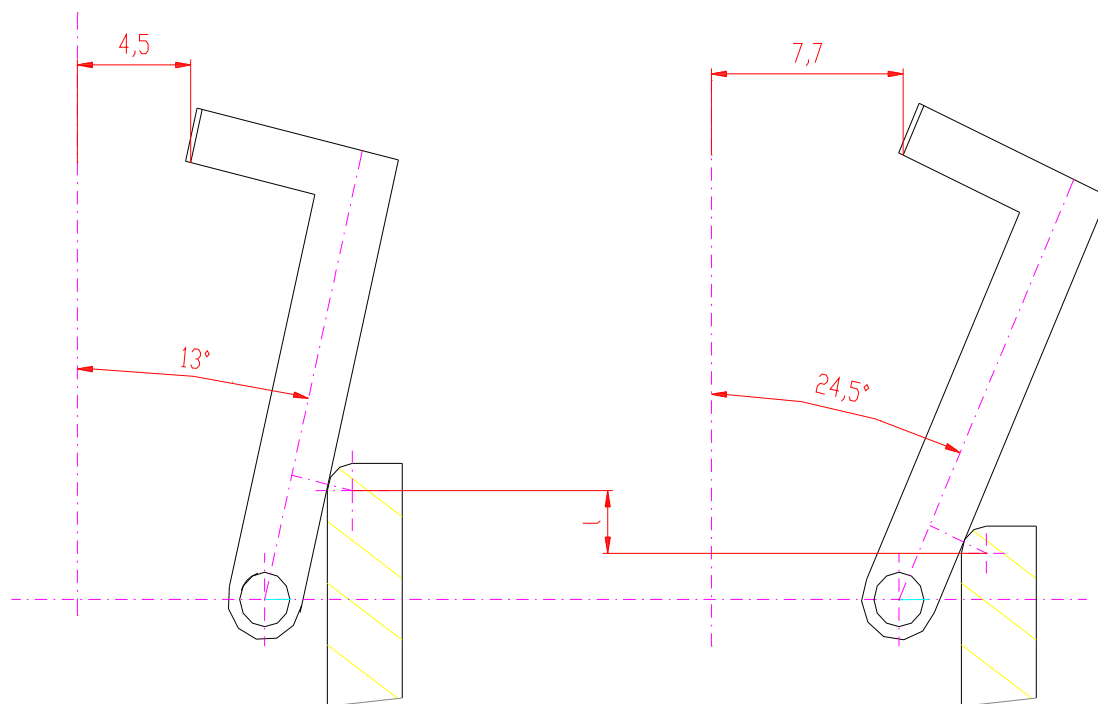
#### 9.1.2. Minimální úhel sklonu třecích ploch segmentů

Koeficient tření ocel – ocel  $f = 0,1$ , při určování minimálního úhlu budu uvažovat  $f=0,2$ .

$$\text{tg}\alpha_{\min} = f \Rightarrow \alpha_{\min} = \text{tg}^{-1}f = \text{tg}^{-1}0,2 = 11,3^\circ$$

Skutečný úhel sklonu  $\alpha = 12^\circ$

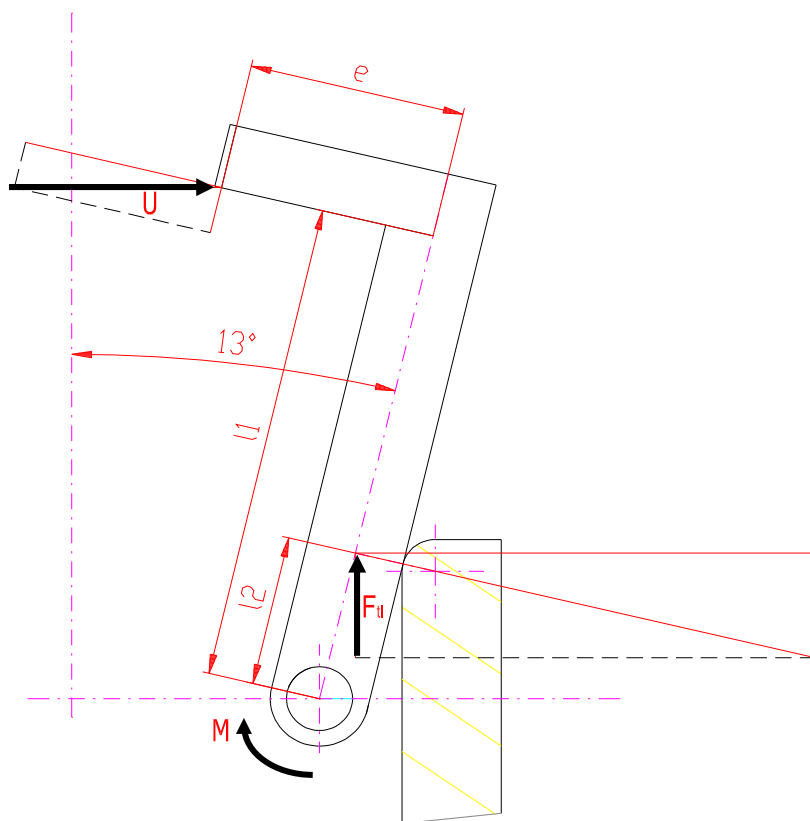
### 9.1.3. Chod čelistí



Obr. 25

### 9.2. Úchopová síla

Úchopová síla závisí na pracovní síle pružiny v řídícím mechanismu, ta je dimenzovaná tak, aby zajistila dostatečnou tuhost polohy mechanismu. Z tohoto důvodu je uchopovací síla větší, než je potřeba k bezpečnému odběru.



Obr. 26

$F_{tl}$  – síla v tlačítku, je to rozdíl sil pružin v řídícím mechanismu.

$M$  – moment torzní pružiny

$U$  – úchopová síla jedné čelisti

$U_c$  – celková síla úchopu

$l_1 = 150\text{mm}$ ,  $l_2 = 47\text{mm}$ ,  $e = 66\text{mm}$ ,

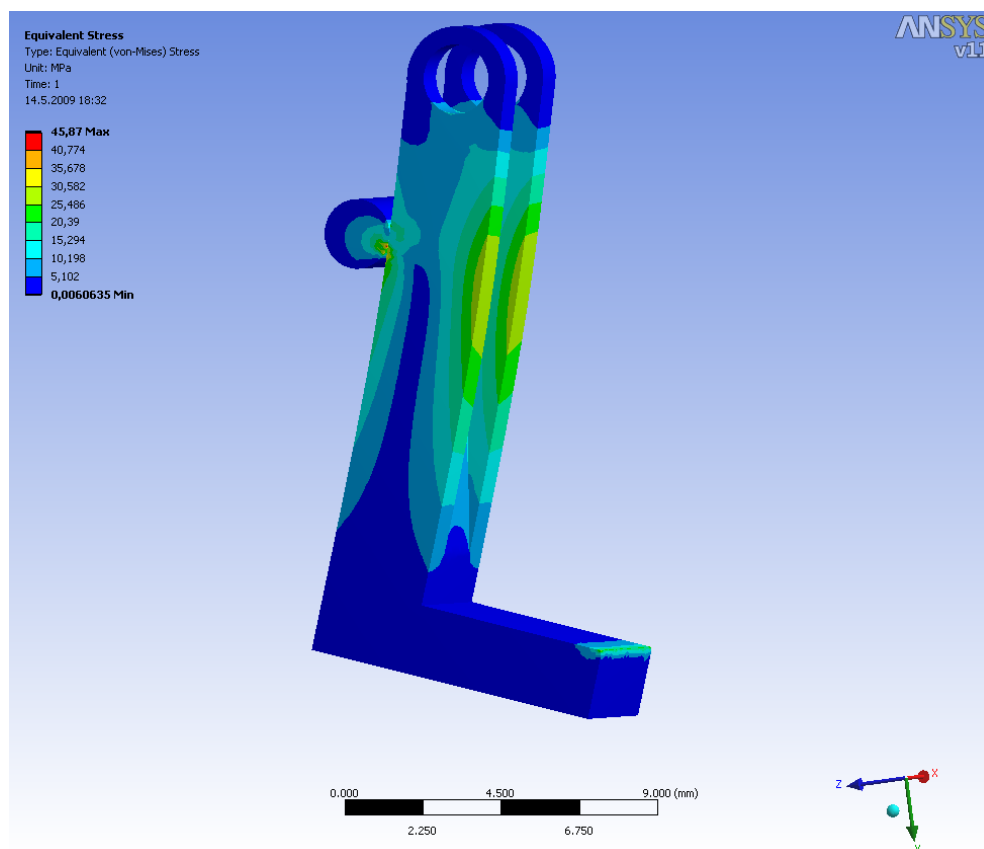
$n_{\check{c}}$  – počet čelistí

$$U = \frac{1}{n} \cdot \frac{\frac{F_{tl}}{\sin 13} l_2 - M}{\cos 13 \cdot l_1 + \sin 13 \cdot e} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\frac{4,4}{\sin 13} 47 - 10}{\cos 13 \cdot 150 + \sin 13 \cdot 66} = 1,9\text{N}$$

$$U_c = n \cdot U = 5,65$$

### 9.3. Kontrola čelistí

Kontrolu čelistí jsem provedl v programu Ansys Workbench, v analýze jsem z důvodů bezpečnosti použil sílu působící na čelist  $F = 10\text{N}$ .

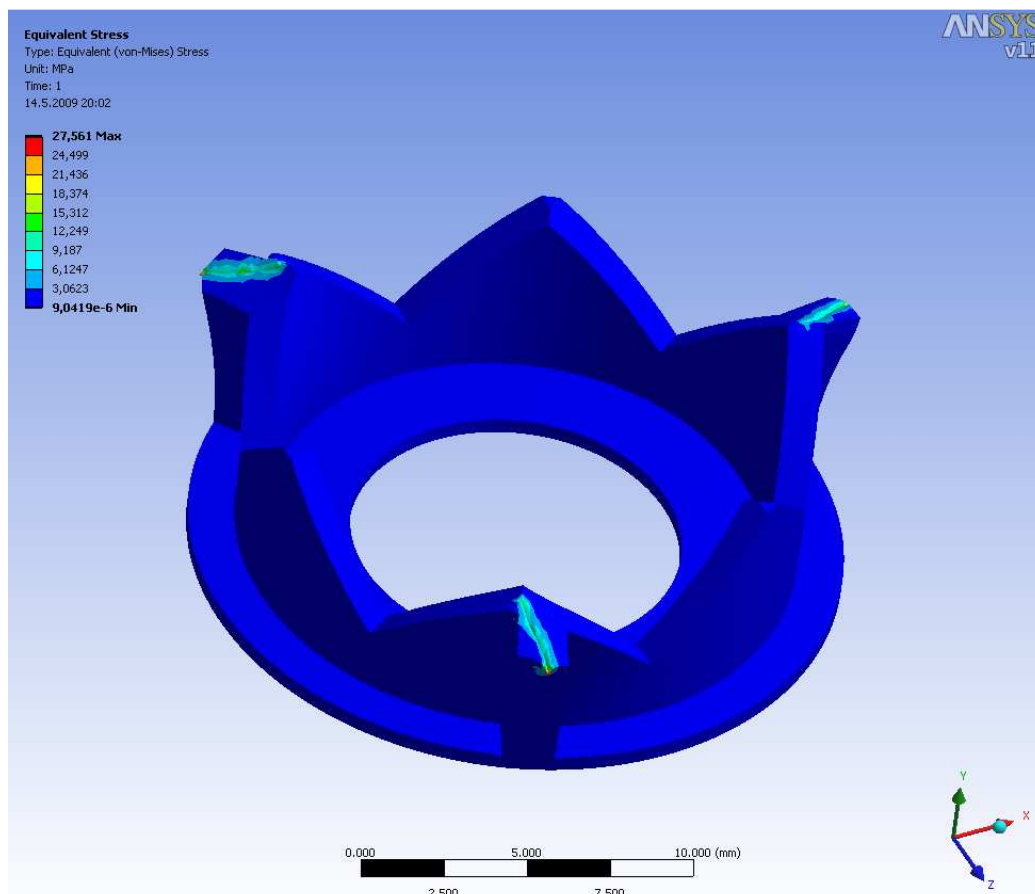


*Obr. 27 napjetí v čelisti ansys*

Čelist je vyrobena z mat. 17 024  $R_e = 490\text{MPa}$ .

### 9.4. Kontrola mechanismu

Maximální síla, která může působit na zuby mechanismu, je maximální síla pružiny.  $F_8 = 15\text{N}$

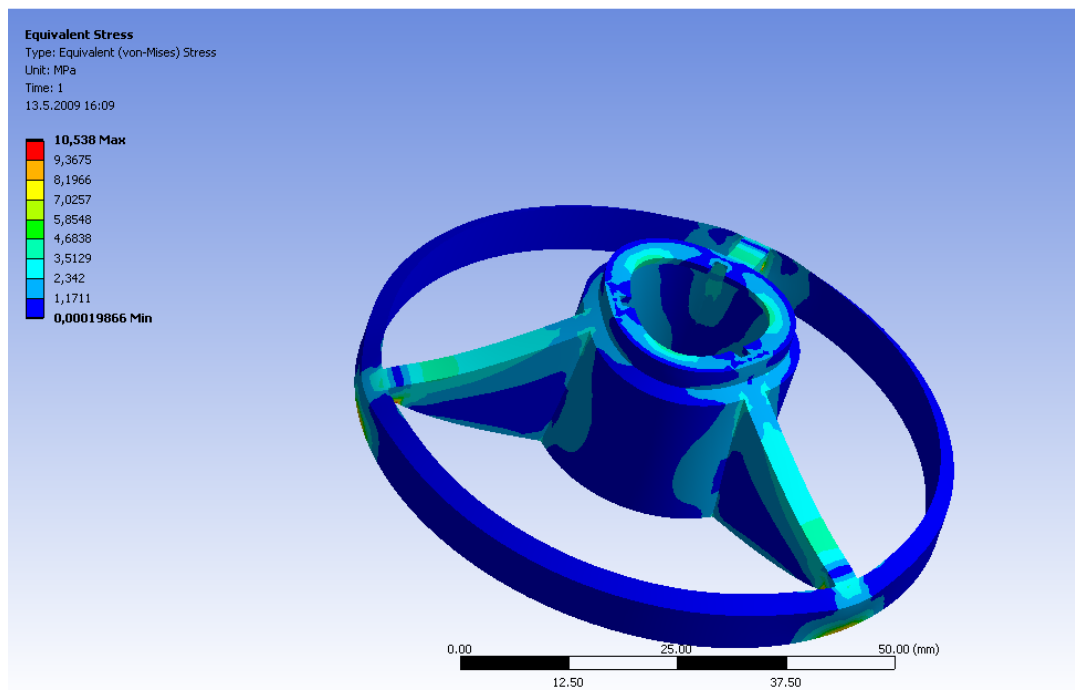


Obr. 28 napjetí v čelisti ansys

Segment je vyrobený z mat. 12 060  $R_e = 345\text{MPa}$ .

### 9.5. Kontrola tlačítka

Maximální síla pružiny  $F_8 = 15\text{N}$ , pro kontrolu byla použita síla  $F = 60\text{N}$ , z toho vyplývá bezpečnost  $k = 4$ . Materiál tlačítka je ABS  $R_e = 50\text{MPa}$ . Kontrola byla provedena v programu Ansys Workbench



Obr. 29 napjetí Ansys

## 9.6. Uzavírání vzorkovnice

$M_{tz}$  – utahovací moment závitu,

$M_m$  – moment motoru (Viz příloha 1.1 obr. 2)

$f_z$  – koeficient tření v závitu

$$M_k = M_{tz}$$

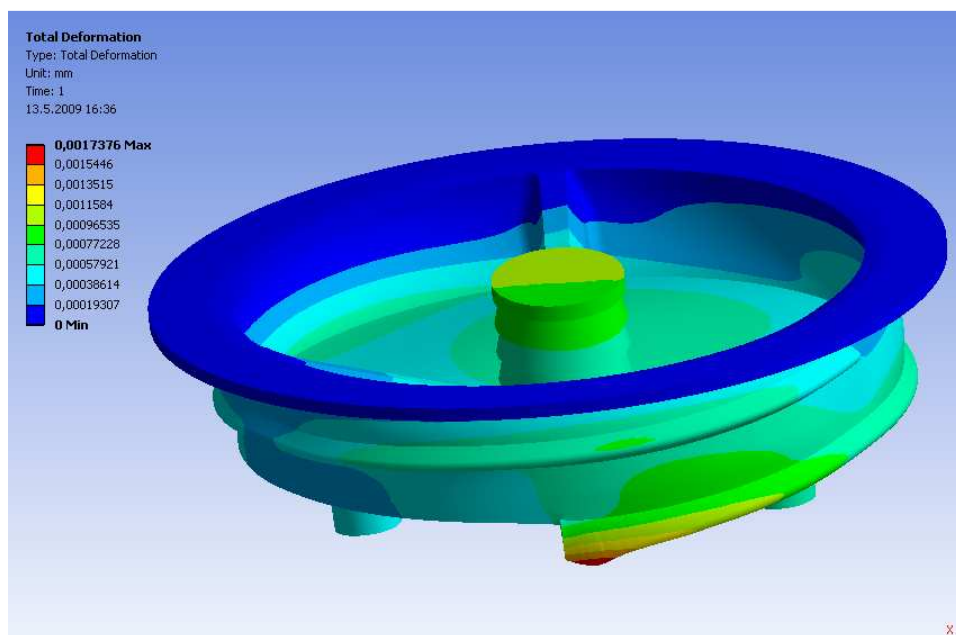
$$M_{tz} = F_o \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2}$$

$$\Psi = \operatorname{arctg}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{7}{\pi \cdot 52}\right) = 2,45^\circ$$

$$\varphi' = \operatorname{arctg}\left(\frac{f_z}{\cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,3}{\cos\left(\frac{60}{2}\right)}\right) = 13^\circ$$

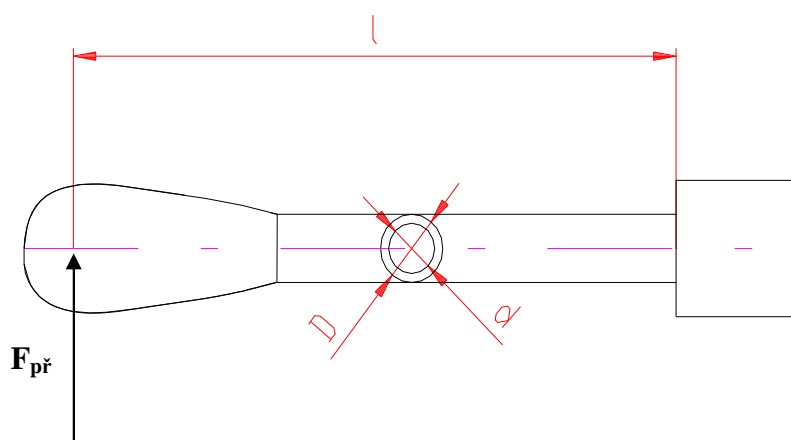
$$M_{tz} = F_o \cdot \operatorname{tg}(\Psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} \Rightarrow$$

$$F_o = \frac{2M_{tz}}{\operatorname{tg}(\Psi + \varphi') \cdot d_2} = \frac{2 \cdot 220}{\operatorname{tg}(2,45 + 13) \cdot 52} = 15,6 \text{ N}$$



Obr. 30 deformace Ansys

## 9.7. Maximální stírací síla



Obr. 27

$l = 25 \text{ mm}$ ,  $D = 2,5 \text{ mm}$ ,  $d = 2 \text{ mm}$ ,

$F_{př}$  – přítláčná síla

$k = 1,5$  – bezpečnost

Materiál špejle je PP, dovolené ohybové napjetí  $\tau_{do} = 0,7 \cdot R_e = 0,7 \cdot 26 = 18,2 \text{ Mpa}$

$$F_{př} \leq \frac{\tau_{do} \cdot 0,1(D^4 - d^4)}{D \cdot l \cdot k} = 0,45 \text{ N}$$

### 9.8. Tuhost polohy zásobníku

Tuhost polohy zásobníku je daná statickým momentem motoru  $M_s = 0,11 \text{ Nm}$ . (Viz příloha

1.1 obr. 1)



### 10. Závěr

Úkolem této práce bylo vytvořit konstrukční návrh efektoru pro odběr vzorků chemicky kontaminovaných materiálů. Dále bylo nutné vyřešit bezpečné uložení vzorků, pro transport do laboratoře.

Po analýze různých způsobů odběrů jsem zvolil techniku stěru, pro kterou jsem navrhnul efektor pro odběr, který používá k odběru přípravek. To usnadňuje uchopování odběrových tamponů. Systém ukládání vzorků je tvořen rotačním zásobníkem, na kterém jsou umístěny vzorkovnice. Odběrový přípravek slouží zároveň jako víko vzorkovnice.

Technika stěru a mnou navržený scénář jsou vhodné, z důvodu hardwarové nenáročnosti a širokého spektra odběrových aplikací, k použití v robotice.

## 11. Seznam použité literatury

[ 1] KÁRNÍK, L. *Servisní roboty*. 1. vydání, Ostrava, VŠB-TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 2004. 144 s. ISBN 80-248-0626-6.

[ 2] *Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 22.12.2006*. IN: SBÍRKA INTEGRÁLNÍCH AKTŮ ŘÍZENÍ GENERELNÍHO ŘEDITELE HASIČSKÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY. PRAHA, 2006. 88S.

[3] SKAŘUPA, J; MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. KOŠICE: VIENALA KOŠICE, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0.

[4] BURKOVIČ, J. *Problematika řešení odběru vzorků*

<http://www.skf.com>

<http://www.jmf.cz>

<http://www.thk.com>

## 12. Seznam příloh

Příloha č. 1	č. výkresu HON097-01
Příloha č. 2	č. výkresu HON097-02
Příloha č. 3	č. výkresu HON097-03

### Prílohy

1. Efektor .....	1
1.1. použitý motor.....	1
1.2. výpočet pružím .....	3
1.2.1. pružina 1 .....	3
1.2.2. pružina 2 .....	4
1.2.3. torzní pružina .....	5
1.3. kontrola uložení motoru .....	6
1.3.1. péro .....	6
1.3.2. ložisko .....	6
2. zásobník .....	8
2.1. pružina .....	8
2.2. kontrola uložení motoru .....	9
2.2.1. péro .....	9
2.2.2. ložisko.....	10

## 1. efektor

### 1.1. použitý motor

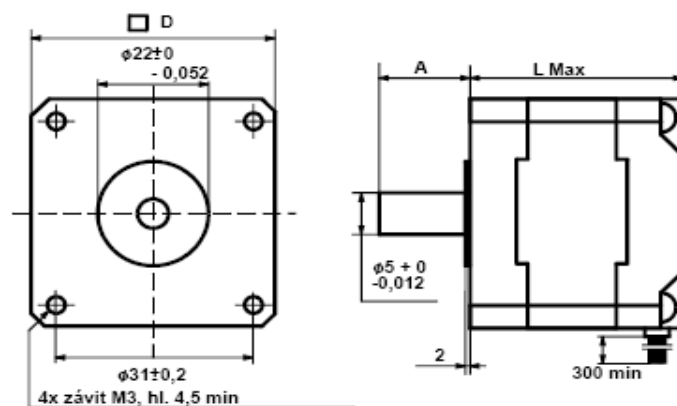
#### Technické parametry krokových motorů řady SX16 a SX17

ŘADA SX - NEMA17							
Typ	Statický moment (Nm) <small>běží napájení celokrok, jmen. proud v obou fázích</small>	Jmenovitý proud (A) <small>séri./paralel. zapojení</small>	Indukčnost (mH) <small>séri./paralel. zapojení</small>	Odpor (Ω) <small>séri./paralel. zapojení</small>	Zbytkový moment (Nm)	Moment setrvač. rotoru (g cm <sup>2</sup> )	Hmotnost (kg)
SX16-0301	0.11	0.35 / -	30 / -	26 / -	0.005	11	0.12
SX16-0402	0.21	0.4 / -	32 / -	30 / -	0.012	20	0.18
SX16-0503	0.29	0.5 / 1.0	40/10	24 / 6	0.018	24	0.18
SX17-402-09	0.22	0.42 / -	38.4 / -	20 / -	0.02	35	0.22
SX17-0502	0.25	0.5 / -	30 / -	15 / -	0.008	27	0.2
SX17-1705	0.5	1.7/3.4	3.2/0.8	2.4/0.6	0.026	68	0.35

Délka kroku.....1.8° ( 0.9°u SX17-0402-09 )  
 Tolerance kroku.....+/- 0.1  
 Izolační třída.....NEMA B (130 )

#### Rozměry (mm)

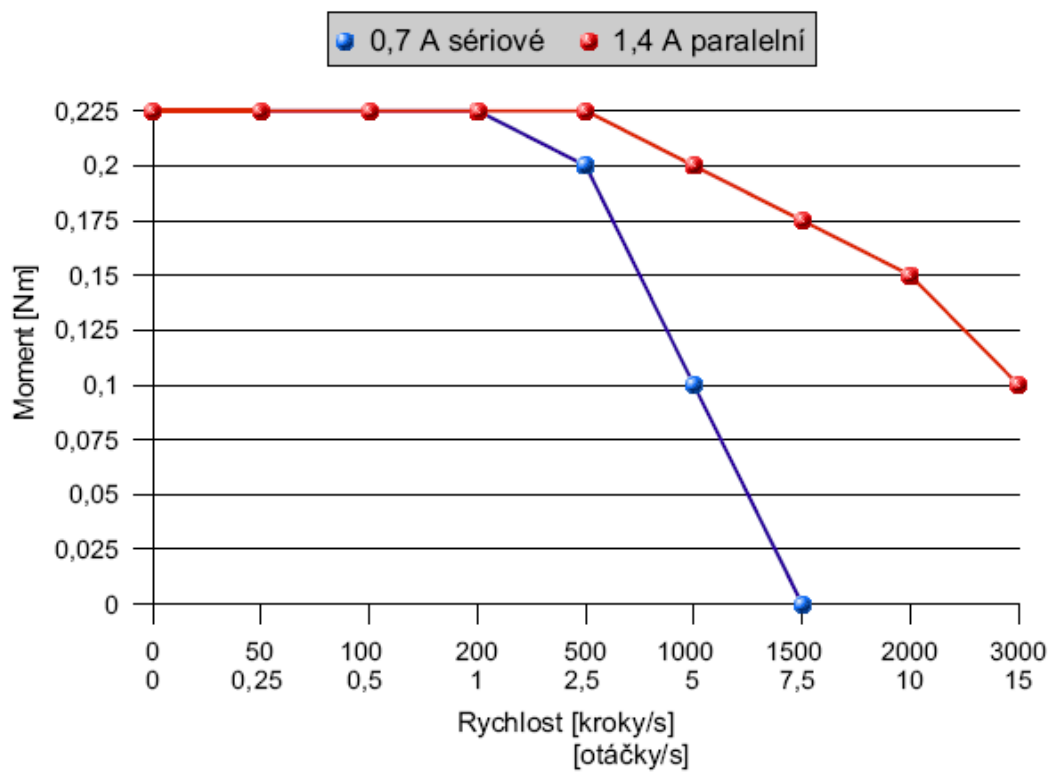
Řada	o hřídele	□ D max	Délka Lmax	A	Počet vývodů
SX16-0301	5	39.3	20	19±0.5	6
SX16-0402	5	39.3	33	18±0.5	4
SX16-503	5	39.3	38	24±1	8
SX17-402-09	5	42.3	33	24±1	4
SX17-0502	5	38.8	37	24±0.5	6
SX17-1705	5	42.3	48	24±0.5	8



SX16-0301 2x závit M3, hl. 4,5 min  
 4x závit M3, hl. 4,5 min

WWW.JME.CZ TEL. 491 452 639

Momentová charakteristika motoru SX16-0503  
s jednotkou CD20M a napájecí napětím 35 VDC



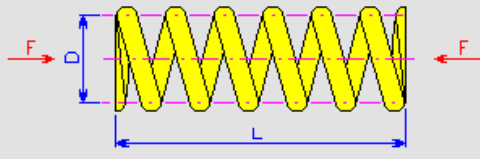
obr. 2

## 1.2. výpočet pružím

výpočty pružin sem dělal v programu MechSoft.

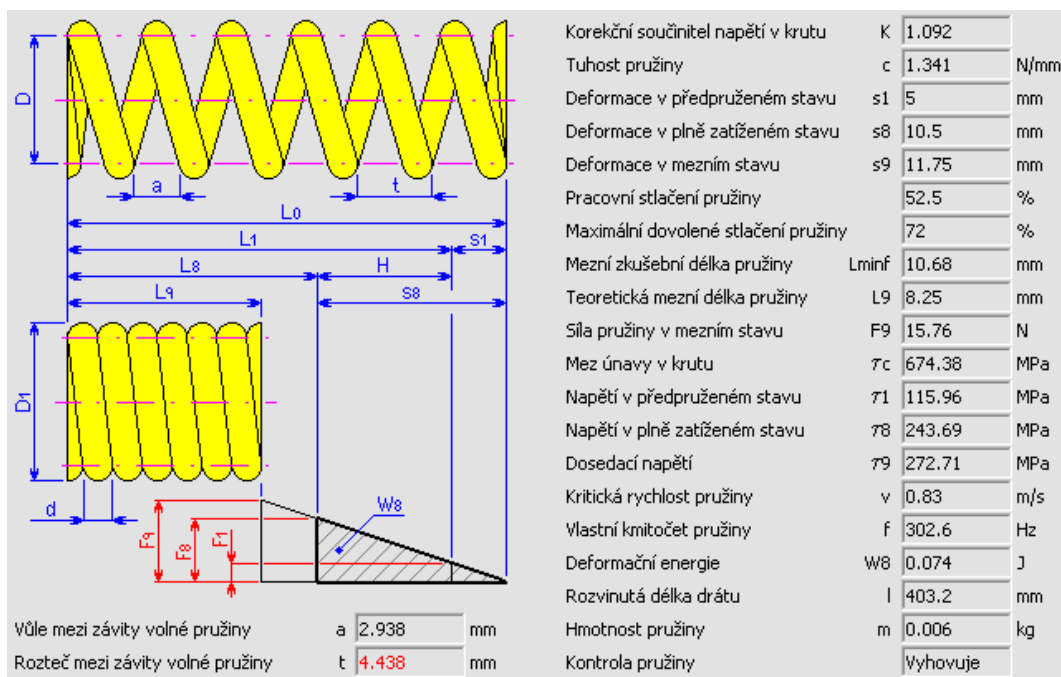
### 1.2.1. pružina 1

vstupní údaje

<b>Zatížení pružiny</b> Minimální pracovní síla F1 6.7 N Maximální pracovní síla F8 14.08 N		
<b>Rozměry pružiny</b> Průměr drátu d 1.5 mm Délka volné pružiny L0 20 mm Vnější průměr D1 22.5 mm Střední průměr D 21 mm Vnitřní průměr D2 19.5 mm Poměr vlnutí i 14		
<b>Závity pružiny</b> Závěrných závitů nz 2 Obrobených závitů zo 1.5 Zaokrouhlení počtu závitů Počet činných závitů n 4 Smysl vlnutí Pravý		
<b>Dynamické namáhání</b> Nekuličkové pružiny Životnost pružiny v tisících cyklů N > 10000 Součinitel bezpečnosti kf 1.2		
<b>Provedení a montážní rozměry pružiny</b> Vedené uložení - rovnoběžně obrobené dosedací plochy Délka předpružené pružiny L1 15 mm Délka plně zatížené pružiny L8 9.5 mm Pracovní zdvih H 5.5 mm		
<b>Materiál pružiny</b> Zúšlechťený z oceli Mn-Cr-V (15 260) Mez pevnosti v tahu $\sigma_{pt}$ 1620 MPa Mezní dovolené napětí v krutu $\tau_D$ 972 MPa Modul pružnosti ve smyku G 78500 MPa Hustota $\rho$ 7850 kg/m3 Součinitel využití materiálu us 0.9		

obr. 3

## výsledky výpočtů



obr. 4

## 1.2.2. pružina 2

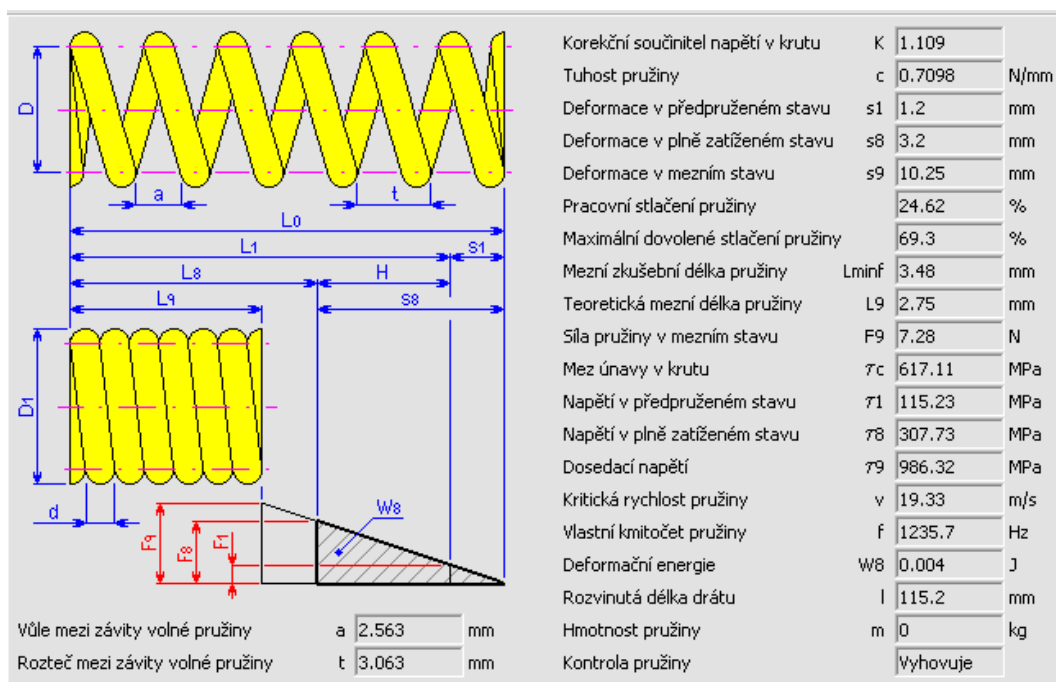
### vstupní údaje

Zatížení pružiny	
Minimální pracovní síla	$F_1$ 0,85 N
Maximální pracovní síla	$F_8$ 2,27 N
Rozměry pružiny	
Průměr drátu	$d$ 0,5 mm
Délka volné pružiny	$L_0$ 13 mm
Vnější průměr	$D_1$ 6,5 mm
Střední průměr	$D$ 6 mm
Vnitřní průměr	$D_2$ 5,5 mm
Poměr vlnutí	$i$ 12
Závity pružiny	
Závěrných závitů	$n_z$ 2
Obrobených závitů	$n_o$ 1,5
Zaokrouhlení počtu závitů	
Počet činných závitů	$n$ 4
Smysl vlnutí	Pravý
Dynamické namáhání	
Nekuličované pružiny	
Životnost pružiny v tisících cyklů	$N$ > 10000
Součinitel bezpečnosti	$k_f$ 1,2

Provedení a montážní rozměry pružiny	
Vedené uložení - rovnoběžně obrobené dosedací plc	
Délka předpružené pružiny	$L_1$ 11,8 mm
Délka plně zatížené pružiny	$L_8$ 9,8 mm
Pracovní zdvih	$H$ 2 mm
Materiál pružiny	
Zušlechťený z nelegované oceli	
Mez pevnosti v tahu	$\sigma_{pt}$ 1620 MPa
Mezní dovolené napětí v krutu	$\tau_D$ 972 MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G$ 78500 MPa
Hustota	$\rho$ 7850 kg/m <sup>3</sup>
Součinitel využití materiálu	$u_s$ 0,9

obr. 5

## výsledky výpočtů



obr. 6

### 1.2.3. torzní pružina

<b>Sílové poměry</b> Síla vyvinutá ve stavu plně zatíženém $F_8$ 0,5 N Síla vyvinutá ve stavu předpruženém $F_1$ 0,2 N Rameno pracovní síly $R_1$ 20 mm Moment síly ve stavu plně zatíženém $M_8$ 0,01 Nm Moment síly ve stavu předpruženém $M_1$ 0,004 Nm		<b>Poměry vinutí</b> Průměr drátu $d$ 0,5* mm Vnější průměr pružiny $D_1$ 3 mm Vnitřní průměr pružiny $D_2$ 2 mm Střední průměr pružiny $D$ 2,5 mm Poměr vinutí $i$ 5 - Počet činných závitů $n$ 2,397 -	
<b>Rozměry</b> Rameno opěrné síly $R_2$ 6 mm Úhel pracovního zdvihu $\phi_{ih}$ 15 ° Poloměr ohybu na rameni (vnitřní) $r$ 9 mm Smysl vinutí Právý		<b>Materiál</b> Materiál pružiny Tažený patentovaný z neleg. oceli - 1,1 Modul pružnosti v tahu $E$ 205000 MPa Dovolené mezní napětí v ohybu 1500 MPa	
<input type="radio"/> Kontrola <input checked="" type="radio"/> Návrh		<input type="button" value="Vypočítat"/> <input type="button" value="Databáze"/>	
<b>Výsledky</b> Úh. výchylka v předpruženém stavu $\phi_{i1}$ 10 ° Úh. výchylka ve stavu plně zatíženém $\phi_{i8}$ 25 ° Délka pružiny $l_z$ ve volném stavu 1,784 mm $l_z$ při plném zat. (svinování - přiléhající záv.) 1,818 mm Vnější průměr $D_1$ při $\phi_{i8}$ (rozvinování) 3,089 mm Délka pružiny $l_z$ při rozteči $t = 0,5 D$ (max.) 3,497 mm			
Délka pružiny při výchylce $\phi_{i1}$ 1,797 mm Vnitřní průměr $D_2$ při $\phi_{i8}$ (svinování) 1,944 mm Délka pružiny $l_z$ při rozteči $t = 0,3 D$ (min.) 2,298 mm Nap. v ohybu v místě ohybu na rameni 831,733 MPa Napětí v ohybu ve stavu plně zatíženém 958,674 MPa Kontrola zkrutné pružiny Vyhovuje			

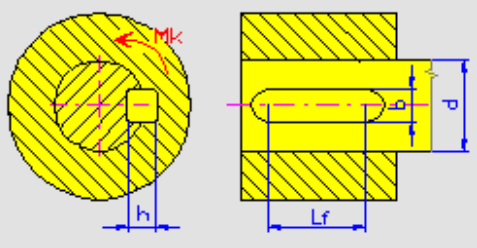
obr. 7



### 1.3. kontrola uložení motoru

#### 1.3.1. péro

Zatížení	
Výkon	P 0.004 kW
Otáčky	n 150 min <sup>-1</sup>
Točivý moment	Mk 0.225 Nm
Rozměry	
Průměr hřídele	d 6 mm
Péro	2x2
Délka pera	L 10.00 mm
Činná délka pera	Lf 8 mm
Délka drážky	gl 10.00 mm
Výsledky výpočtu	
Min. činná délka pera	3.75 mm
Výsledný redukovaný tlak	9.375 MPa
Redukovaný dovolený tlak	20 MPa
Pevnostní kontrola	Vyhovuje

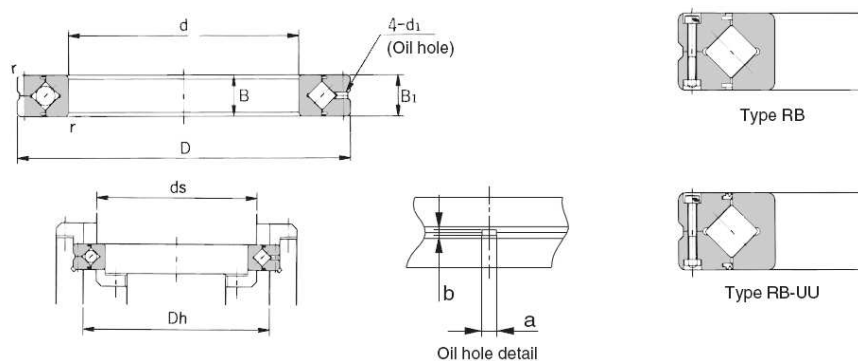


Vlastnosti spoje	
Materiál	Vlastní
Dovolenny tlak	15 MPa
Počet per	1
Koeficienty snížení únosnosti spoje vlivem :	
- výrobní nepřesností u spoje s více pery	1
- způsobu uložení a charakteru zatížení	1

obr. 8

#### 1.3.2. ložisko

### RB (outer-ring-separable type)



Unit: mm

Shaft diameter	Model No.	Major dimensions							Shoulder dimensions		Basic load rating (radial)		Mass
		ID d	OD D	Roller pitch circle diameter dp	Width B B1	Oil hole		r	ds	Dh	C kN	C0 kN	
30	RB 3010	30	55	41.5	10	2.5	1	1	37	47	7.35	8.36	0.12

obr. 9

$$P_c = X \cdot \left( F_r + \frac{2M}{dp} \right) + y \cdot F_a = 63 \cdot 10^{-3}$$

$$L = \left( \frac{f_t \cdot C}{f_w \cdot P_c} \right) = 4326 \cdot 10^6 \text{ hod} \approx 500 \text{ let}$$

$$C = 7,35 \text{ KN}$$

$$F_a = 14,08 \cdot 10^{-3}$$

$$F_r = m_{er} \cdot g = 4,1 \cdot 10^{-3}$$

$$M = F_r \cdot x t_r = 0,074 \cdot 10^{-3} \text{ KNmm}$$

$$X = 1$$

$$y = 0,45$$

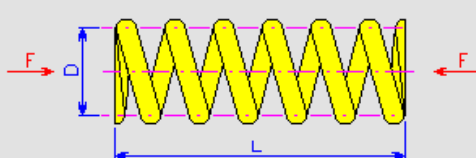
$$f_w = 1,5$$

$$f_t = 1$$

## 2. zásobník

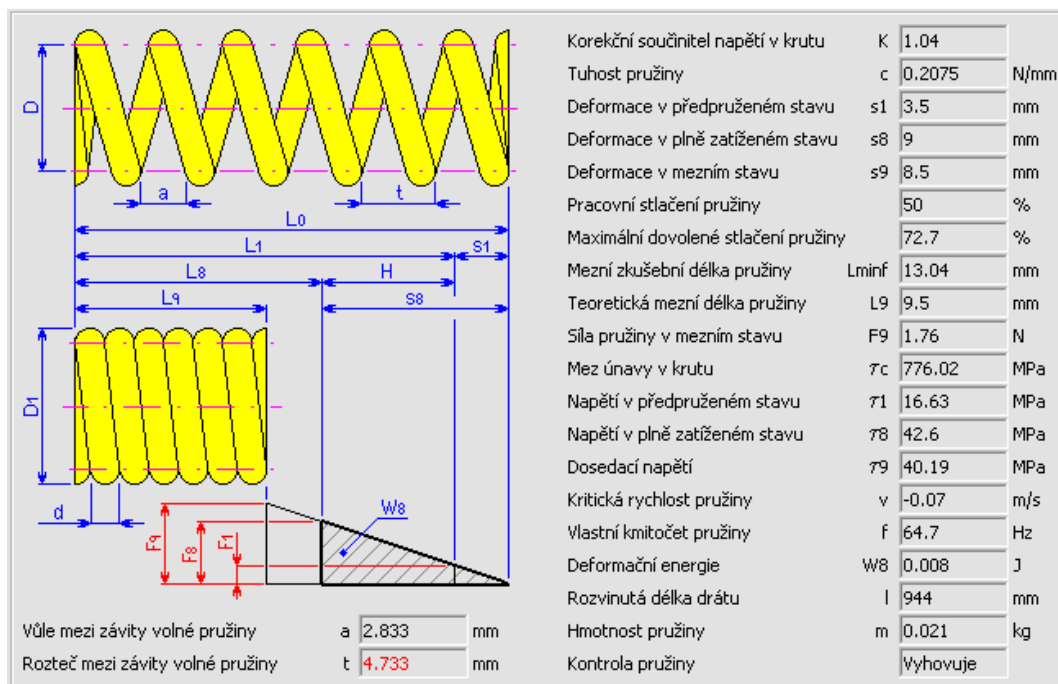
### 2.1. pružina

vstupní údaje

<b>Zatížení pružiny</b> Minimální pracovní síla F1 1.28 N Maximální pracovní síla F8 0.77 N		
<b>Rozměry pružiny</b> Průměr drátu d 1.5 mm Délka volné pružiny L0 18 mm Vnější průměr D1 60.5 mm Střední průměr D 59 mm Vnitřní průměr D2 57.5 mm Poměr vlnutí i 39.333		
<b>Závity pružiny</b> Závěrných závitů nz 2 Obrobených závitů zo 1 Zaokrouhlení počtu závitů Počet činných závitů n 3 Smysl vlnutí Pravý		
<b>Provedení a montážní rozměry pružiny</b> Vedené uložení - rovnoběžně obrobené dosedací plc Délka předpružené pružiny L1 14.5 mm Délka plně zatížené pružiny L8 8.5 mm Pracovní zdvih H 6 mm		
<b>Dynamické namáhání</b> Nekuličované pružiny Životnost pružiny v tisících cyklů N > 10000 Součinitel bezpečnosti kf 1.2		
<b>Materiál pružiny</b> Zušlechťený z oceli Si-Cr (14 260) Mez pevnosti v tahu $\sigma_{pt}$ 2060 MPa Mezní dovolené napětí v krutu $\tau_D$ 1236 MPa Modul pružnosti ve smyku G 78500 MPa Hustota $\rho$ 7850 kg/m3 Součinitel využití materiálu us 0.9		

obr. 10

## výsledky výpočtů



obr. 11

## 2.2. kontrola uložení motoru

### 2.2.1. péro

Zatížení			
Výkon	P	0.004	kW
Otáčky	n	150	min-1
Točivý moment	Mk	0.225	Nm
Rozměry			
Průměr hřídele	d	6	mm
Péro		2x2	
Délka pera	L	10.00	mm
Činná délka pera	Lf	8	mm
Délka drážky	gl	10.00	mm
Výsledky výpočtu			
Min. činná délka pera		3.75	mm
Výsledný redukováný tlak		9.375	MPa
Redukovaný dovolený tlak		20	MPa
Pevnostní kontrola		Vyhovuje	

Vlastnosti spoje

Materiál: Vlastní

Dovolený tlak: 15 MPa

Počet per: 1

Koeficienty snížení únosnosti spoje vlivem:

- výrobní nepřesností u spoje s více pery: 1
- způsobu uložení a charakteru zatížení: 1

obr. 12

### 2.3. ložiska

Ložisko SKF 61812

C = 4030N

$$F_a = m_{rz} \cdot g = 5,4N$$

$$F_r = 0N$$

$$P = 0.6 \cdot F_r + 0.5 \cdot F_a = 2.69N$$

$$L_{10} = \left( \frac{C}{P} \right)^3 = 3,4 \cdot 10^9 ot$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot L_{10} = 3,7 \cdot 10^{11} hod$$